

PERBAIKAN RANCANG BANGUN LABORATORIUM PENGUJIAN POMPA SENTRIFUGAL EKSISTING

Engineering Design Modification of the Existing Laboratory for Centrifugal Pump Testing

DEDE NURDIANSYAH ¹⁾, AMIRAL AZIZ ^{1,2)} dan MARYADI¹⁾

¹⁾ Departemen Teknik Mesin Universitas Islam Assyafi'iyah Jakarta

²⁾ Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT

Email : amiralaziz58@gmail.com

ABSTRACT

This paper discusses some of the engineering design improvement and construction of the existing laboratory of a centrifugal pump testing. The purpose of this study are the design of the centrifugal pump to modify the equipment for testing equipment in the testing laboratory, with the modification of the tool it is expected to produce an accurate performance test design in determining the performance of the pump, get a better installation as a modification of the existing installation model, and know the characteristics of series and parallel circuits with different pump specifications. The research begins with the design and manufacture of centrifugal, series and parallel test equipment which consists of several stages, namely the preparation stage in the form of literature studies and a list of materials and equipment needed in the design of pump test equipment. The next step is to design and manufacture tools, then do calculations on the design of test equipment at single, series and parallel pumps. The last step is to make SOP pump test equipment singly, in series and in parallel. Upgrading of the pump installation system is done at the meeting point of all pump discharge streams 1 (P1), pumps 2 (P2) and pumps 3 (P3) which are expected to be more efficient, namely to avoid the occurrence of hammer flow and be carried out making control panels on the control system to simplify when operating.

Keywords: Centrifugal Pump, Engineering Design, Testing.

ABSTRAK

Tulisan ini membahas sebagian hasil perbaikan rancangan bangun dan konstruksi alat pengujian pompa sentrifugal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk modifikasi peralatan alat pengujian alat uji performansi yang akurat dalam menentukan performansi dari pompa, mendapatkan instalasi yang lebih baik sebagai modifikasi dari model instalasi yang sudah ada, serta mengetahui karakteristik pada rangkaian seri dan paralel dengan spesifikasi pompa yang berbeda. Penelitian diawali dengan perancangan dan pembuatan alat uji sentrifugal, seri dan paralel yang terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap persiapan berupa studi literatur dan membuat daftar bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam perancangan alat uji pompa. Tahap selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan alat, kemudian dilakukan perhitungan terhadap rancangan alat uji pada pompa tunggal, seri, dan paralel. Tahap terakhir dilakukan pembuatan SOP alat uji pompa secara tunggal, seri dan paralel. Perbaikan (Upgrading) pada sistem instalasi pompa dilakukan pada titik bertemunya semua aliran discharge pompa 1 (P1), pompa 2 (P2) dan pompa 3 (P3) yang diharapkan bisa menjadi lebih efisien, yaitu untuk menghindari terjadinya hammer flow, serta dilakukan pembuatan kontrol panel pada sistem kontrol untuk mempermudah saat pengoperasian. Daya hidrolis (daya pompa) yang tertinggi adalah apabila pompa dioperasikan seri yaitu sebesar 0,024 kW sedangkan daya hidrolis terendah adalah apabila pompa 3 (P3) beroperasi secara individu yaitu sebesar 0,006 kW. Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dioperasikan secara seri maka daya porosnya adalah 0,107 kW dan efisiensi pompanya 22,42 %. Daya poros dan efisiensi pompa untuk pompa 1 (P1) dan pompa 3 (P3) dioperasikan secara paralel masing-masing 0,107 kW dan 19,62 %.

Kata Kunci : Pompa Sentrifugal , Rancang Bangun, Pengujian

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu yang menentukan kualitas proses pembelajaran dan penelitian khususnya di Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam As-Syafi'iyah adalah kelengkapan sarana dan

prasarana, dimana hal tersebut adalah kelengkapan peralatan penelitian Saat ini di Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam As-Syafi'iyah terdapat laboratorium yang mendukung terlaksananya kegiatan perkuliahan, salah satunya Laboratorium Prestasi Mesin.

Pada Laboratorium Prestasi Mesin di Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam As-Syafi'iyah terdapat beberapa mesin fluida yang digunakan untuk praktikum ataupun pengujian untuk mengetahui prinsip dan parameter kinerja dari beberapa mesin-mesin fluida seperti pompa sentrifugal, pompa hidran ataupun turbin air. Laboratorium Prestasi Mesin selain digunakan sebagai kegiatan praktikum mahasiswa dapat dipergunakan untuk sarana penelitian bagi mahasiswa ataupun dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam As-Syafi'iyah.

Namun kenyataannya dalam pelaksanaan praktikum Prestasi Mesin ada mesin fluida yang mengalami kerusakan. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kurangnya perawatan dan pemahaman pengoprasian oleh mahasiswa dalam kegiatan praktikum di laboratorium. Salah satu cara untuk mensiasatinya adalah dengan memperbaiki ataupun mengupgrade alat uji yang nantinya akan digunakan oleh mahasiswa untuk kegiatan penelitian ataupun praktikum di laboratorium Prestasi Mesin.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini merupakan bagian rancang bangun ulang/modifikasi peralatan pengujian di laboratorium pengujian mesin Program S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam As-Syafi'iyah. Dengan adanya modifikasi alat ini diharapkan mahasiswa lebih mudah mengoprasikan dan memahami karakteristik pompa, khususnya untuk pompa sentrifugal.

Tulisan ini membahas hasil perbaikan rancang bangun Laboratorium Pengujian Pompa Sentrifugal eksisting dan pengujian parameter kinerja pompa sentrifugal yang meliputi efisiensi dan daya pompa.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

a. Pompa Sentrifugal

Pompa adalah suatu jenis mesin fluida yang bertujuan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lainnya dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan.

Adapun spesifikasi pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) yang digunakan adalah :

- Sumber daya : 220v/50Hz
- Pemakaian daya : 125 watt
- Daya hisap : 9 meter
- Daya dorong : 33 meter
- Kapasitas air maxs : 34 Lt/Min
- Pipa hisap/dorong : 1 X 1 Inchi
- Putaran per menit : 2850
-



Gambar 1. Pompa DAB DB-125 D

b. Pompa 3 (P3)

- Sumber daya : 220 Volt/50Hz
- Pemakaian daya : 125 Watt
- Daya hisap : 9 meter
- Daya dorong : 27 meter
- Kapasitas air maxs : 18 Lt/Min
- Pipa hisap/dorong : 1 X 1 Inchi
- Putaran per menit : 2850



Gambar 2. Pompa panasonic GP-129 JXK

c. Flowmeter (FL)

Flowmeter ini digunakan sebagai pengukur laju aliran volume atau debit air pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel. Dalam pengukurannya flowmeter ini memiliki satuan gpm dan lpm, pada pengujian akan digunakan satuan lpm (liter/minute).



Gambar 3. Flowmeter

d. **Dimmer (DM)**

Dimmer digunakan untuk mengatur putaran pada pompa.



Gambar 4. Dimmer

e. **Tacho Meter(TM)**

Digunakan untuk mengukur putaran poros pompa



Gambar 5. Tacho Meter

f. **Manometer (pressure gauge) (PS)**

Manometer adalah alat yang menggunakan kolom cairan untuk mengukur tekanan. Sebuah pengukur vakum digunakan untuk mengukur tekanan dalam ruang hampa-yang selanjutnya dibagi menjadi dua subkategori, tinggi dan rendah vakum (vakum dan kadang-kadang ultra-tinggi). Satuan dari alat ukur tekanan ini biasanya berupa psi (pound per square inch), psf (pound per square foot), mm/Hg (*millimeter of mercury*), in/Hg (*inch of mercury*), bar, atm (*atmosphere*), N/m^2 (Pascal). Banyak teknik telah dikembangkan untuk pengukuran tekanan dan vakum. Instrumen yang digunakan untuk mengukur tekanan



Gambar 6. Manometer(pressure gauge)

g. **Box Control Panel(BX)**

Kontrol Panel adalah lemari yang berisi komponen listrik untuk mengontrol motor dan peralatan.



Gambar 7. Box Control Panel

h. **Kabel (KL)**

Kabel yang digunakan untuk interkoneksi. Dua jenis kabel yang digunakan. Daya kabel dan kontrol.

- Kabel listrik (yang digunakan untuk menghubungkan motor komponen panel dan panel suplay utama).
- Kontrol kabel (yang digunakan untuk menghubungkan).



Gambar 8. Kabel

i. **Bus Bar (BL)**

Masuk pasokan terhubung ke bus bar dan didistribusikan dari bus bar. Hal ini biasanya dibuat oleh aluminium.

j. **MCB (Miniature Circuit Breaker)(M)**

MCB adalah perangkat yang melindungi. Hal ini digunakan sebelum pengumpan. Ini harus dipilih sesuai dengan kapasitas pengumpan.



Gambar 9. Busbar

k. **MCCB (cetakan kasus pemutus) (M)**

Dalam kebanyakan kasus MCCB digunakan sebagai incomer untuk pengumpan kapasitas tinggi untuk perlindungan yang lebih baik.



Gambar 10. Mcb dan Mccb

l. Fuse (FU)

Merupakan alat untuk memutus arus jika terjadi short pada rangkaian arus listrik.



Gambar 11. Fuse

m. Voltmeter (LIV)

Voltmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran tegangan atau beda potensial listrik antara dua titik pada suatu rangkaian listrik yang dialiri arus listrik.



Gambar 12. Voltmeter

n. Amperemeter (LIA)

Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik yang ada dalam rangkaian tertutup. Amperemeter biasanya dipasang berderet dengan elemen listrik.



Gambar 13. Amperemeter

o. Pipa (PIP)

Pipa sebagai media penyaluran fluida menggunakan pipa jenis PVC. Pipa yang digunakan dalam perbaikan alat uji ini menggunakan pipa ukuran 1", 1 1/4", dan 2"



Gambar 14. Pipa Poly Vinil Clorida (PVC)

p. Besi (BS)

Bahan yang digunakan untuk pembuatan kerangka ataupun dukungan untuk alat uji pompa tunggal, seri dan paralel adalah bahan yang terbuat dari besi hollow dan besi siku.



Gambar 15. Besi Hollow

q. Katup (K)

Katup digunakan untuk memperbesar dan memperkecil laju aliran air dalam pipa pada proses pengujian.



Gambar 16. Katup

r. Vacuum gauge (VC)

Pengukur vakum atau vacuum gauge digunakan untuk mengukur kevakuman pada intake manifold dan pompa bagian suction.



Gambar 17. Vacuum gauge

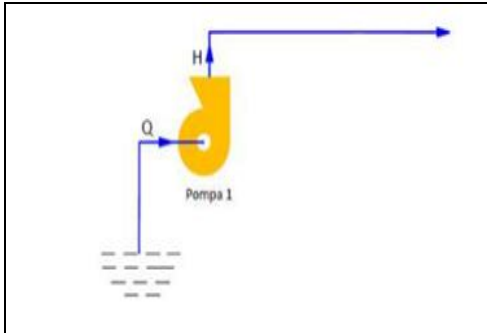
2.2 Metode

2.2.1 Operasi Pompa Tunggal, Paralel dan Seri

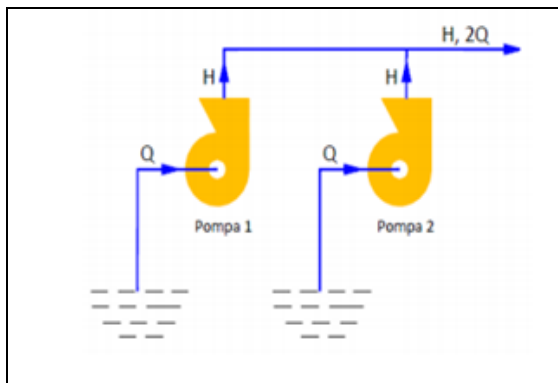
Jika head atau kapasitas yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri atau paralel.

- Susunan Tunggal Pompa yang digunakan hanya satu pompa karena head dan kapasitas yang diperlukan sudah terpenuhi.

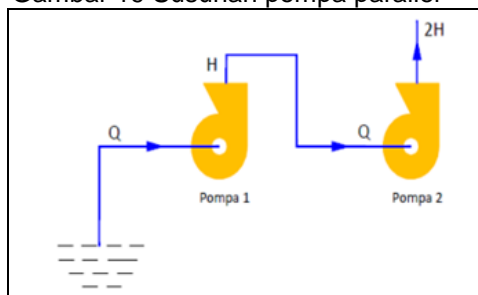
- b) Susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat di kendalikan oleh satu pompa saja, atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak atau diperbaiki.
- c) Susunan Seri bila *head* yang diperlukan besar dan tidak dapat di operasikan oleh satu pompa maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri.



Gambar 18. Susunan pompa Tunggal⁽¹⁷⁾



Gambar 19 Susunan pompa paralel ⁽¹⁷⁾

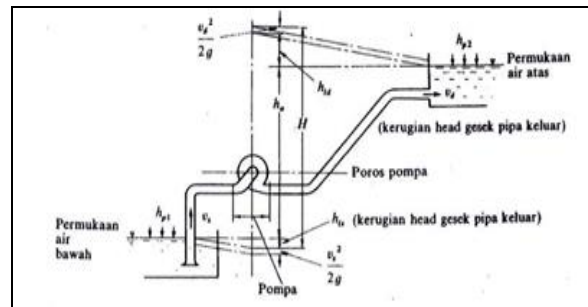


Gambar 20 Susunan pompa seri ⁽¹⁷⁾

2.2.2 Head

a. Head Total Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dioperasikan oleh pompa. Head pompa ditulis sebagai berikut^(1,4,9) :



Gambar 21 Head pompa⁽⁹⁾

Pompa Tunggal

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \dots (1)$$

dimana :

H : Head total (m)

H_a : Head statis total (m) = $h_s + h_d$

Δh_p : Perbedaan head tekanan yang berkerja pada kedua permukaan air (m)^(1,4,9)

$$\Delta h_p : \Delta h_{p1} - h_{p2}$$

h_l : berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan dan lain – lain (m)

v^2/g : Head kecepatan keluar (m)

g : percepatan gravitasi (=9,8 m/s²)

Pompa Pararel

$$H = \frac{1}{2} \left\{ h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \right\} \quad (2)$$

Dimana:

H : Head total (m)

H_a : Head statis total (m) = $(h_s + h_d)_1 + (h_s + h_d)_2$

Pompa Seri

$$H = \left(h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \right) \quad (3)$$

Dimana :

H : Head total (m)

H_a : Head statis total (m) = $\{ (h_s + h_d)_1 + (h_s + h_d)_2 \}$

b. Head Kerugian (Head Loss)

Head kerugian (yaitu head untuk mengatasi kerugian-kerugian) yang terdiri dari kerugian gesek aliran dalam pipa, dan head kerugian di dalam belokan, reduser, katup – katup dan yang lain nya⁽⁹⁾

Head Kecepatan

Head kecepatan adalah head yang terjadi pada kerugian pada kecepatan aliran pada luas penampang pipa, maka di gunakan rumus⁽⁹⁾ :

$$h_v = \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d^2} \quad (5)$$

$$\text{Maka : } A_{in} = \frac{1}{4} \times \pi (d_{in})^2 \quad (6)$$

Head Kerugian Gesek pada Pipa Lurus

Sedangkan untuk menghitung kerugian tekanan dalam pipa yang relatif sangat panjang, menurut Tahara⁹⁾ umumnya digunakan persamaan Hazen-Williams :

$$hf = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L \text{ (m)} \quad (7)$$

dimana :

L : panjang pipa (m)

D : diameter pipa (m)

Q : debit aliran (m³/s)

C : koefisien Hazen-Williams

Kerugian pada belokan 90°

Kerugian lokal adalah kerugian head yang disebabkan karena sambungan, belokan, sehingga oleh Tahara⁹⁾, dirumuskan dengan :

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D^2}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots (8)$$

Dimana :

D : Diameter dalam pipa (m)

R : jari – jari lengkungan sumbu belokan (m)

θ : Sudut belokan (derajat)

Kerugian pada katup hisap dengan saringan

Pada kerugian berbagai katup didapat dari berbagai sumber ^(4,9)

Dengan rumus yang di gunakan yaitu :

$$h_v = f_v \frac{v^2}{2g} \text{ (m)} \quad (9)$$

Kerugian Karena Perubahan Penampang

Dalam pengecilan dan pembesaran penampang secara gradual atau berangsur-angsur dapat di cari dengan menggunakan tabel koefisien diffuser dengan penentuan sudut dan dengan menggunakan rumus :

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2 \cdot g} \quad (10)$$

2.2.3 Daya pompa

Ada tiga jenis daya pada pompa, yaitu:

a. Daya Input (P_{in})

Daya *input* atau daya masuk yaitu daya listrik yang dimasukkan kedalam motor pompa dalam besaran kW. Daya *input* dapat dihitung dari data hasil pengukuran rata-rata arus

I(ampere), *voltage* antar fasa V(volt) dari ketiga fasa, dan faktor daya $\cos\phi$. Rumus yang dipakai untuk motor tiga fasa adalah^(1,2,10)

$$P_{in} = \frac{1,73 \times V_p \times I \times \cos\phi}{1000} \dots (11)$$

$\cos\phi$ diambil dari *name plate* motor atau *panel starter* pompa.

b. Daya Poros (P_s)

Daya poros atau *shaft power*, yaitu daya mekanis yang diterima dari motor untuk memutar poros, dan selanjutnya digunakan untuk memutar *impeller* pompa. Daya poros P_s (kW) dapat dihitung melalui rumus berikut ini^(1,10)

$$P_s = P_{in} \times \eta_m \dots (12)$$

η_m adalah efisiensi motor yang diambil dari data *name plate* motor.

c. Daya Hidrolis (P_h)

Daya hidrolis P_h yaitu daya yang dipakai untuk mendorong air dari satu titik ke titik lainnya dan karena adanya hambatan dari sistem perpipaan, maka terbentuk tekanan (*head*) tertentu. Daya hidrolis P_h (kW) dapat dihitung dengan rumus umum^(1,10)

$$P_h = \frac{Q \times H_{total} \times \rho \times g}{1000} \dots (13)$$

Dimana :

Q : debit air (m³/s)

H_{total} : selisih *discharge* dan *suction head* (m)

g : gravitasi (m/s²)

ρ : massa jenis (kg/m³)

2.2.4 Efisiensi Pompa (η_p)

Efisiensi pompa η_p adalah perubahan daya/energi poros pompa ke daya/energi hidrolis pompa. Pada umumnya efisiensi pompa sudah tercantum dalam label *name plate* pompa. Efisiensi pada sistem pompa sangat tergantung kepada efisiensi masing-masing komponen sistem. Dibawah ini merupakan rumus dalam menghitung efisiensi pompa total η_{pt} ^(1,10)

$$\eta_{pt} = \frac{P_h}{P_{in}} \times 100\% \dots (14)$$

Sedangkan efisiensi pompa secara individual dapat dihitung dengan persamaan⁽¹⁾.

$$\eta_p = \frac{P_h}{\eta_m \times P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

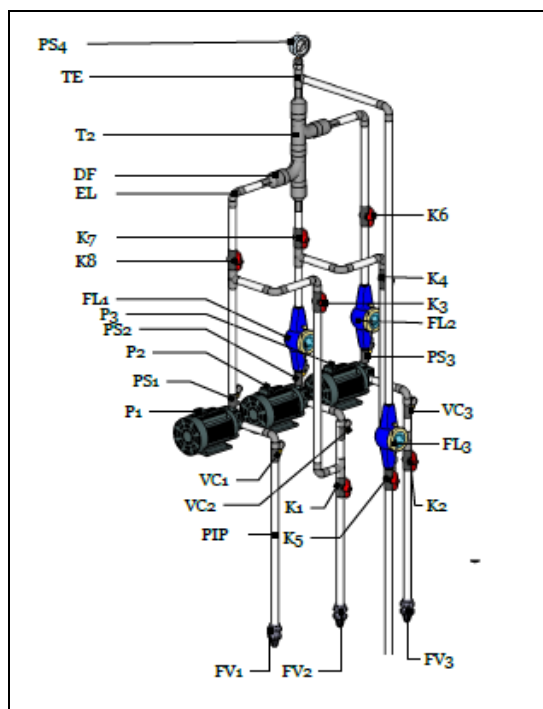
3.1 Spesifikasi Rancangan

Dari gambar 23 dapat dilihat instalasi pemipaan alat uji yang dirancang ulang dan gambar 24 memperlihatkan alat uji pompa sentrifugal hasil perancangan dan instalasi ulang. Spesifikasi teknis dari alat uji pompa sentrifugal diberikan pada table 1.

Tabel 2 dan table 3 masing-masing memperlihatkan spesifikasi sistem rancangan alat uji pompa sentrifugal untuk sistem pompa disusun seri dan disusun paralelseri.

Tabel 1. Sepefikasi sistem rancangan pompa tunggal

Pompa	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3
Kapasitas	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	$3,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
Panjang suction	0,75 m	0,75 m	0,80 m
Panjang discharge	1,37 m	1,37 m	1,37 m
Elbow 90°	4 pcs	2 pcs	4 pcs
Foot valve	1 pcs	1 pcs	1 pcs
Reducer	2 pcs	2 pcs	2 pcs
Pipa PVC	$2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$



Gambar. 22. Gambar Instalasi pemipaan



Gambar 23. Gambar alat uji terpasang

Tabel 2. Sepefikasi sistem rancangan pompa seritrifugal

Pompa	Pompa 1 dan Pompa 2
Kapasitas	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
Panjang suction	1,63 m
Panjang discharge	2,25 m
Elbow 90°	8 pcs
Foot valve	2 pcs
Reducer	2 pcs
Pipa PVC	$2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$

Tabel 3. Sepefikasi sistem rancangan pompa paralel

Pompa	Pompa 1	Pompa 3
Kapasitas	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
Panjang suction	0,75 m	0,80 m
Panjang discharge	0,53 m	1,37 m
Elbow 90°	2 pcs	4 pcs
Foot valve	1 pcs	1 pcs
Reducer	2 pcs	2 pcs
Pipa PVC	$2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$

3.2 Hasil Perhitungan

Perhitungan rancangan ulang alat uji pompa sentrifugal diberikan pada tabel 4 sampai dengan tabel 6. Dari table 4 dapat dilihat bahwa nilai *suction head* (h_s) pada pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) adalah sama yaitu 0.27 meter itu karena kapasitas (Q) dan panjang pipa dan diameter pipa isapnya sama. Sedangkan

discharge head (hd) pompa 2 (P2) memiliki nilai lebih kecil dari pompa 1 (P1) karena pada pompa 2 (P2) memiliki sistem instalasi *discharge* (hd) lebih simpel di bandingkan dengan pompa 1 (P1).

Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dioperasikan secara seri maka nilai *discharge head* total (H) yang dihasilkan adalah 0,23 m, sedangkan apabila pompa 1 (P1) dan pompa 3 (P3) dioperasikan secara paralel kapasitas total yang dihasilkan adalah $8,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan *discharge* haea total adalah 0,21 m.

Tabel 4. Hasil perhitungan head suction dan head discharge

Sistem Pompa	Kapasitas	Head Suction	Head Discharge
Pompa 1 Tunggal	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	0,27 m	0,17 m
Pompa 2 Tunggal	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	0,27 m	0,13 m
Pompa 3 Tunggal	$3,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	0,11 m	0,04 m
Pompa 1 & 2 Seri	$5,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	0,27 m	0,23 m
Pompa 1 & 3 Paralel	$8,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	0,37 m	0,21 m

Dari table 5 dapat dilihat bahwa apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dan pompa 3 (P3) beroperasi secara individu maka head total yang dihasilkan adalah masing-masing 2,62 m, 2,58 m dan 2,38 m. Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dioperasikan secara seri maka head total yang dihasilkan adalah 4,4 m. Sedangkan apabila pompa 1 (P1) dan pompa 3 (P3) dioperasikan secara paralel maka head total yang dihasilkan adalah 2,58 m..

Tabel 5. Hasil perhitungan head statis dan head total

Sistem Pompa	V ² /2g	Head Statis	Head Total
Pompa 1 Tunggal	0,064	2,12 m	2,62 m
Pompa 2 Tunggal	0,064	2,12 m	2,58 m
Pompa 3 Tunggal	0,017	2,17 m	2,38 m
Pompa 1 dan 2 Seri	0,064	3,88 m	4,44 m
Pompa 1 dan 3 Paralel	0,052	4,29 m	2,56 m

Dari table 6 dapat dilihat parameter kinerja dari alau uji pompa sentrifugal yang meliputi daya pompa, daya poros dan efisiensi pompa. Hubungan Sistem Instalasi dan daya air di diperlihatkan pada table 6. Daya hidrolis (daya pompa) yang tertinggi adalah apabila pompa dioperasikan seri uyaitu sebesar 0,024 kW

sedangkan daya hidrolis terendah adalah apabila pompa 3 (P3) beroperasi secara individu yaitu sebesar 0.006 kW. Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dioperasikan secara seri maka daya porosnya adalah 0,107 kW dan efisiesi pompanya 22,42 %. Daya poros dan efisiensi pompa untuk pompa 1 (P1) dan pompa 3 (P3) dioperasikan secara paralel masing-masing 0,107 kW dan 19,62 %.

Tabel 6. Hasil perhitungan daya pompa, daya poros dan efisiensi pompa

Sistem Pompa	Daya Pompa	Daya Poros	Efisiensi Pompa
Pompa 1 Tunggal	0,014 kW	0,107 kW	13,08 %
Pompa 2 Tunggal	0,014 kW	0,107 kW	13,08 %
Pompa 3 Tunggal	0,006 kW	0,107 kW	5,60 %
Pompa 1 dan 2 Seri	0,024 kW	0,107 kW	22,42 %
Pompa 1 dan 3 Paralel	0,021 kW	0,107 kW	19,62 %

4. KESIMPULAN

Dari hasil perbaikan desain sstem instalasi laborotorium pengujian pompa sentrifuga dan hasil perhutungan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Perbaikan (*Upgrading*) pada sistem instalasi pompa yaitu di titik bertemunya semua aliran *discharge* pompa 1 (P1), pompa 2 (P2) dan pompa 3 (P3) yang di harapkan bisa menjadi lebih efisien, yaitu untuk menghindari terjadinya hammer flow.
- Perbaikan laboratorium pengujian pompa sentrifugal selesai dilakukan, SOP pengoperasian sudah dibuat dan pengujian sudah dilakukan baik pompa beroperasi secara individual maupun pompa beroperasi secara seri maupun paralel.
- Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dan pompa 3 (P3) beroperasi secara individu maka head total yang dihasilkan adalah masing-masing 2,62 m, 2,58 m dan 2,38 m. Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dioperasikan secara seri maka head total yang dihasilkan adalah 4,4 m. Sedangkan apabila pompa 1 (P1) dan pompa 3 (P3) dioperasikan secara paralel maka head total yang dihasilkan adalah 2,58 m.

- d. Daya hidrolis (daya pompa) yang tertinggi adalah apabila pompa dioperasikan seri yaitu sebesar 0,024 kW sedangkan daya hidrolis terendah adalah apabila pompa 3 (P3) beroperasi secara individu yaitu sebesar 0.006 kW. Apabila pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2) dioperasikan secara seri maka daya porosnya adalah 0,107 kW dan efisiensi pompanya 22,42 %. Daya poros dan efisiensi pompa untuk pompa 1 (P1) dan pompa 3 (P3) dioperasikan secara parallel masing-masing 0,107 kW dan 19,62 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous (2014), Pedoman Pelaksanaan Efisiensi Energi di PDAM, Direktorat Pengembangan Air Minum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat bekerjasama dengan USAID IUWASH dan USAID ICED.
2. Anonymous (2009), Energy Efficiency Best Practice Guide Pumping Systems, Sustainability Victoria.
3. Anonymous (2011), Evaluation of Water Pumping System, Energy Efficiency Assessment Manual, Inter-American Development Bank
4. Dietzel, Fritz (1996). *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Alih bahasa Dakso Sriyono, Erlangga, Jakarta
5. Garibotti Edoardo (2008), Energy Saving and better performances through variable speed drive application in desalination plant brine blowdown pump service, Desalination, vol 220, pp 496-501.
6. Kneissl Johan (2010), *Energi Optimization of System by Using Variable Speed Driven Pumps*, ITT 2010.
7. Pulido-calvo Inmaculada, Gutierrez-Estrada Juan Carlos, Asensio-Fernandes Ricardo, (2006), *Optimal design of pumping station of island intensive fishfarms*, Aquacultural Engineering, vol. 35, pp. 283-291.
8. Sharad P. Jagtap¹, Anand N. Pawar² (2013), Energy Efficiency Evaluation in Pumping System, *Modern Mechanical Engineering*, 3, 171-180
9. Tahara, Haruo. (2006), *Pompa dan Kompresor, pemilihan dan pemakaian dan pemeliharaan*. Alih bahasa Sularso , PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2006.
10. Tiony Calvin Kiplangat (2012), An Energy Assessment of the Water Pumping Systems at the Gegiri Pumping Station, Master of Science Energy Management Thesis, Departemen Mechanical Engineering, University of Nairobi.
11. Djati Nurshud, Andi, Astu Pudjanarsa (2006), *Mesin Konversi Energi*, Yogyakarta.
12. Gandani Dongoran Junedo (2012). *Analisa Performansi Pompa Sentrifugal Susunan Tunggal, Seri, dan Pararel*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara. Medan.
13. Mahardika Muslim, Sudiarso Andi, Setia Prihandana Gunawan (2018), *Perancangan dan Manufaktur pompa sentrifugal*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
14. Rahmat Sugi, Irawan Ade (2010),. *Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan dan Penyempitan Penampang Pada Sambungan 90°*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makasar.
15. <http://mechanicmechanicalengineering.blogspot.co.id/poros-mendatar>
16. <http://yzsuhua.en.made-in-china.com>
17. <http://teknikmesinzone.blogspot.co.id>
18. <http://yzsuhua.en.made-in-china.com/multi-impeller>